

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re PATENT APPLICATION of  
Inventor(s): EEROLA et al.

Appln. No.: 09 | 689,680  
Series ↑ | ↑ Serial No.  
Code

Group Art Unit: 2631

Filed: October 13, 2000

Examiner: Unknown

Title: CORRELATOR

Atty. Dkt. P 274422 | 2990978US  
M# | Client Ref

Date: March 2, 2001

**SUBMISSION OF PRIORITY  
DOCUMENT IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF RULE 55**

Hon. Asst Commissioner of Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

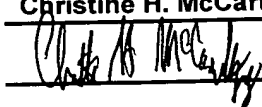
Please accept the enclosed certified copy(ies) of the respective foreign application(s) listed below for which benefit under 35 U.S.C. 119/365 has been previously claimed in the subject application and if not is hereby claimed.

<u>Application No.</u>	<u>Country of Origin</u>	<u>Filed</u>
FI-19992209	Finland	October 13, 1999
FI-20000519	Finland	March 7, 2000

Respectfully submitted,

Pillsbury Winthrop LLP  
Intellectual Property Group

1100 New York Avenue, NW  
Ninth Floor  
Washington, DC 20005-3918  
Tel: (202) 861-3000  
Atty/Sec: CHM/EED

By Atty: Christine H. McCarthy | Reg. No. 41844  
Sig:  | Fax: (202) 822-0944  
Tel: (202) 861-3075

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 5.10.2000

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT



Hakija  
Applicant

VLSI Solution Oy  
Tampere

Patenttihakemus nro  
Patent application no

19992209

Tekemispäivä  
Filing date

13.10.1999

Kansainvälinen luokka  
International class

H04B

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Korrelaattori"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

*Pirkkala*  
Pirjo Kaila  
Tutkimussihteeri

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

Maksu 300,- mk  
Fee 300,- FIM

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328  
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328

L1

4/15

Oct 12 12:45 1999 corr.txt Page 1

Korrelaattori

-----

Yleistä

-----

Suorasekvenssihajaspektrijärjestelmissä (direct sequence spread spectrum, DS-SS)[1] käytetään signaalin spektrin hajottamiseen koodia, jonka sekä lähettäjä että vastaanottaja tuntevat. Vastaanottajan pitää pystyä synkronoitumaan tähän koodiin, jotta signaalin vastaanotto onnistuisi. Tämän synkronoinnin nopea suorittaminen on monessa sovelluksessa avainasemassa. Hajoituskoodin bittejä sanotaan yleensä chipeiksi, millä ne erotetaan varsinaisista databiteistä. Hajaspektrijärjestelmien etuna on mm. niiden vastustuskyky häirinnälle, minkä vuoksi niitä on käytetty yleisesti sotilassovelluksissa. Suorasekvenssiä käytävissä järjestelmissä pystytään lisäksi mittaamaan tarkasti signaalin kulku-aika lähettimen ja vastaanottimen välillä, mikä mahdollistaa etäisyyden mittausta tarvitsevat sovellukset, kuten paikannusjärjestelmät. Etäisyyden mittausta perustuu hajoituskoodin synkronointiin, mikä voidaan tehdä hyvin tarkasti, yleensä tarkemmin kuin 1/10 chipin ajasta. Kun lisäksi koodin taajuus on suuri, saaavutetaan hyvä mittatarkkuus. Kun tiedetään koska koodi on lähetetty, voidaan laskea signaalin matkaan kulunut aika, ja siitä saadaan valonnopeudella jakamalla lähettimen ja vastaanottimen välinen etäisyys.

Perinteinen suorasekvenssiin perustuva hajaspektrijärjestelmä on kuvan 1 mukainen. Siinä lähettimessä on normaalin datamoduloinnin lisäksi hajoituskoodimodulaattori, joka levittää lähetetyn spektrin. Vastaanotin sisältää samalla koodilla toimivan de-spread modulaattorin, joka korreloi vastaanotetun signaalin vastaanottimessa genereoidun koodin kanssa. Mikäli koodit ovat samat ja samassa vaiheessa, saadaan lähetetty datamodulaatio palautettua samaksi kuin mitä se oli ennen hajoitusta. Samalla saadaan mahdolliset häiriösignaalit vastaavasti hajoitettua. de-spread:in jälkeinen subdatin päästää datamoduloinnin läpi, mutta poistaa suurimman osan häiriösignaalin tehosta, mikä parantaa vastaanotettun signaalin signaali kohinasuhdetta. Jotta järjestelmä toimisi, pitää vastaanottimen generoiman koodireplikan olla ja pysyä samassa vaiheessa lähetetyn koodin kanssa. Tämän vuoksi tarvitaan tavallisen kantaaltoa- ja datasykronointien lisäksi oma synkronointialgoritmi hajoituskoodia varten.

GPS[2] on Yhdysvaltojen puolustusministeriön alainen satelliittipaikannusjärjestelmä, jossa vastaanotetaan suorasekvenssihajaspektrilähetettä yhtä aikaa (yleensä) vähintään neljästä satelliitista. Vastaanottaja saa kultakin satelliitilta tiedon sen paikasta, ja pystyy määrittämään signaalin kulkuajan kustakin satelliitista vastaanottimen antenniin. Näiden tietojen avulla on mahdollista askea vastaanottimen antennin paikka hyvin tarkasti. GPS:n käyttämä hajaspektrilähetys mahdollistaa signaalien etenemisajan tarkan määrittelyn lähetettyyn signaaliin synkronoitumalla.

Hajoituskoodin seurantaan käytetään yleensä korrelaattoria, joka koostuu vähintään kahdesta haarasta, joissa korreloidaan aikaistettua

2/15

Oct 12 12:45 1999 corr.txt Page 2

ja viivästettyä paikallisesti generoitua koodireplikaa, ja korreloinnin tulokset vähennetään toisistaan. Tämä on esitetty kuvassa 2. Näin saadaan aikaiseksi paikallisen koodireplikan ja sisääntulevan koodin vaihe-erosta riippuva diskriminointifunktio (kuva 3), jonka perusteella koodireplikan vaihetta voidaan säätää oikeaan suuntaan. Toinen tapa tehdä samankaltainen diskriminointifunktio on käyttää ns. tau-dither korrelaattoria (kuva 4), jossa samaa korrelaattoria käytetään vuoron perään aikaistetun ja viivästetyn koodireplikan kanssa. Ulostulossa oleva alipäästösuodatin keskiarvottaa näiden vuorotustaisten korrelaatioiden eron, ja tulokseksi saadaan samanlainen diskriminaatiofunktio. Koska kumpaakin korrelaatiota lasketaan vain puolet ajasta, hävitään tau-dither korrelaattorissa signaalin signaalikohinasuhteessa, mutta koska tarvittava rauta on yksinkertaisempaa, on tämäkin rakenne ollut suosittu varsinkin analogisena toteutuksena. Nykuisissä digitaalisissa korrelaattoreissa tätä korrelaatiotapaa ei enää juuri käytetä. Kolmas tunnettu tapa toteuttaa koodin seurannassa tarvittava diskriminaatiofunktio on esitetty kuvassa 5. Tässä koodireplikan aikaistettu ja viivästetty versio vähennetään ensin toisistaan ja saatu tulos korreloidaan sitten sisääntulevan signaalin kanssa. Tämä on likkimäärin ekvivalentti ensimmäisen tavan kanssa, mutta vaatii vähemmän rautaa. Tämäkään korrelaatiotapa ei enää ole kovin tavallinen digitaalisissa toteutuksissa.

Vaiheistetun replikakoodin tuottamiseksi käytetään yleensä kolmivaiheista siirtorekisteriä, johon koodigeneraattorilla tuotettu koodi kellotetaan sisään, ja josta aikaistettu, oikea-aikainen, ja viivästetty koodireplika saadaan eri väleistä otettuna. Tämä on esitetty kuvassa 6. Käytetty koodin vaihe-ero määräytyy siirtorekistrin kellotaajuudesta. Kahden rekisteri-elementin välinen koodin vaihe-ero on  $1/F$ , missä  $F$  on rekisterin kellotaajuus. Tämä vaihe-ero vaihtelee yleensä yhden chipin pituudesta  $1/10$  chipin pituuteen. Yleisesti käytetyin vaihe-ero on  $\pm 1/2$  chippiä, joka tuottaa diskriminoinnin kannalta parhaan funktion. Pienempiä vaihe-eroja käytetään haluttaessa tarkempi koodivaiheen suranta, mikä on hyödyllistä etäisyyden mittaussovelluksissa. Pieni koodin vaihe-ero tuottaa heikomman signaalikohinasuhteen koodin seurannassa käytetylle diskriminaatio-signaalille, mutta lopputuloksena saatu koodin seurannan virhe on yleensä kuitenkin pienempi käytettäessä pienempää vaihe-eroa. Yleensä rekisteriasteiden vaihe-ero tuotetaan siten, että koodigeneraattorin kello generoidaan jakamalla jollain kokonaisluvulla (2-10) kellogeneraattorista, jota ohjataan koodin seurantaalgoritmin mukaisesti, ja joka taas toimii koodin vaiheistuksessa käytetyn siirtorekisterin kellona. Jos jakosuhte on suurempi kuin kaksi, puutetaan ns. kapeasta korrelaattorista, joka on hyödyllinen pyrittäessä välttämään monitie-etenemisestä johtuvaa koodin seurannan vaihe-virhettä. Mahdollistamalla erilaisten jakosuhdeiden käyttö saadaan diskriminaattorifunktiota muutettua ohjelmallisesti muuttamalla sekä kellogeneraattorin taajuutta että jakosuhdetta siten, että koodigeneraattorin kellotaajuus pysyy muuttumattomana. Säädettyä kellotaajuutta on otettava huomioon, että siirtorekisterin pituus ajallisesti muuttuu, mikä muuttaa generoidun replikakoodin ajoitusta.

Kaksinto

3/15

Oct 12 12:45 1999 corr.txt Page 3

-----

Keksinnön mukainen korrelaattori voidaan toteuttaa jollain aikaisemmin kuvatuista tavoista, mutta diskriminoinnissa tarvittavan vaihe-eron muodostaminen tapahtuu kuvien 7, 8 ja 9 osoittamalla tavalla. Kuvan 7 mukainen kytkentä on 1-bittinen toteutus kuvan 8 mukaisesta kytkennästä ja on näin ollen erikoistapaus siitä. Se on käyttökelpoinen ainoastaa kun valitaan aikaistettuun ja viivästettyyn koodihaaraan yksi siirtorekisterin ulostulo. Kuva 8 on yksinkertaistettu versio kuvan 9 esittämästä vaihe-eron muodostavasta kytkennästä, joka on yleisin tapaus keksinnön mukaisesta vaiheistusmenetelmästä. Kuvan 9 mukaisessa kytkennässä on  $(2*N+1)$ -asteinen siirtorekisteri, jonka kukin ulostulo voidaan kertoa painokertoimella, ja summata yhteen. Tällaisia summaushaaroja on kolme kappaletta, vastaten perinteisen toteutuksen aikaistettua, oikea-aikaista ja viivästettyä koodivaihetta.

Keksinnön mukaisella korrelaattorilla voidaan saavuttaa perinteisen korrelaattorin toiminta valitsemalla vain yksi nollasta poikkeava painokerroin kuhunkin haaraan. Jos siirtorekisterin kellotaajuus on suurempi kuin N kertaa koodigeneraattorin kellotaajuus, on saavutettava vaihe-ero aikaistetun ja viivästetyn koodireplikan välillä pienempi kuin 2 chippiä  $(+/-1)$ , ja valitsemalla keskikohdan molemmiin puolin samalla etäisyydellä oleva siirtorekistrin ulostulo saavutetaan normaalin kapean korrelaattorin diskriminaatiofunktio. Valitsemalla kumpaankin haaraan lineaarikombinaatio siirtorekisterin useammasta ulostulosta voidaan toteuttaa monimutkaisempiakin diskriminaattorifunktioita. Korrelaattorin leveyttä voidaan myös helposti muuttaa ohjelmallisesti ilman, että siirtorekisterin aikaviive muuttuu, sillä siirtorekisterin kellotaajuutta ei tarvitse muuttaa. Valitaan vain eri pari sen ulostuloista. Kuvassa 10 on esitetty erilaisia diskriminaatiofunktioita, jotka saadaan valitsemalla kumpaankin ulostuloon yksi siirtorekisterin ulostulo. Kuvan 10 tapauksessa käytetty siirtorekisterin pituus on 9, ja käytetty siirtorekisterin kellotaajuus  $8*$ chippitaajuus. Valitsemalla siirtorekisterin kellotaajuudeksi koodigeneraattorin kellotaajuuden pieni monikerta, voidaan toteuttaa yli  $+/-1$  chipin levyisiä korrelaatiofunktioita. Tavallisella kolmivaiheisella siirtorekisterillä niitä ei voida toteuttaa hajoituskoodin autokorrelaation ominaisuuksien vuoksi, sillä diskriminaatiofunktioon tulee ns. kuollut kohta pienillä koodin vaihevirheillä, missä funktion arvo on nolla. Tämän keksinnön mukaisella korrelaattorilla voidaan haluttaessa toteuttaa leveitä korrelaatiofunktioita valitsemalla painokertoimet niin, että aikaistettua haaraa vastaavat painokertoimet ovat siirtorekisterin keskikohtaa ennen oleville ulostuloille nollasta poikkeavat, ja viivästettyä haaraa vastaavat painokertoimet ovat siirtorekisterin keskikohdan jälkeen oleville ulostuloille nollasta poikkeavat. Näin voidaan saavuttaa esimerkiksi kuvan 11 osoittamat diskriminaattorifunktiot. Kuvan 11 tapauksessa käytetty siirtorekisterin pituus on 9, ja käytetty siirtorekisterin kellotaajuus on sama kuin chippitaajuus.

Erä aikaisempiin laitteisiin

-----

12/10/99

18:54

VLSI SOLUTION OY +358 9 602244

005

4/15

Oct 12 12:45 1999 corr.txt Page 4

Aikaisemmissa laitteissa on käytetty maksimissaan kolmevaiheista siirtorekisteriä tuottamaan aikaistettu, oikea-aikainen ja viivästetty koodireplika. Joissakin tapauksissa on käytössä ollut pidempiäkin siirtorekistereitä, mutta kukin ulostulo on tällöin viety erikseen erilliseen korrelaattoriin, eikä ulostuloja ole voitu valita. Erilaiset vaihe-erot on saatu aikaan muuttamalla siirtorekisterin ja koodigeneraattorin kellotaajuuden suhdetta.

Tämän keksinnön mukaisessa laitteessa käytetään pidempää siirtorekisteriä ja erisuuruiset koodivaihe-erot voidaan saada valitsemalla siirtorekisterin eri ulostuloja. Mahdollisuus yhdistellä lineaarisesti siirtorekisterin ulostuloista saatavia eri vaihe-eroisia koodireplikoita mahdollistaa monipuolisten diskriminointifunktioiden toteuttamisen. Samanlaisia funktioita voi toteuttaa myös käyttämällä useampaa korrelaattoria eri koodivaiheilla, mutta tämä vaatii useamman korrelaation toteuttamisen erikseen. Tämä taas lisää vaadittavan raudan määrää.

#### Referenssit

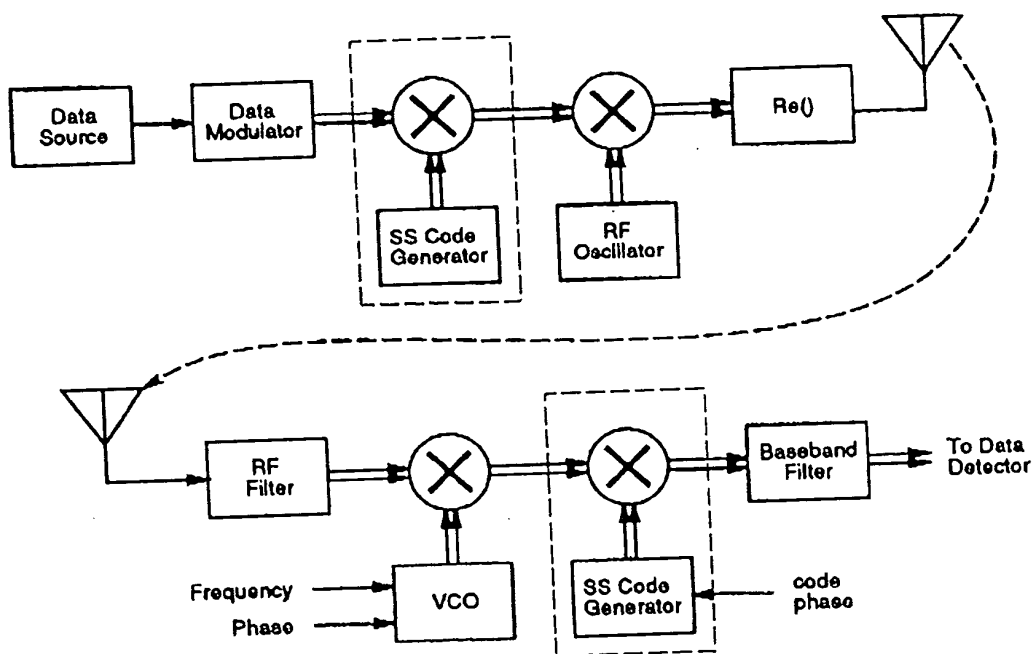
- [1] R.A. Scholtz, "The spread spectrum concept", IEEE Trans Commun., COM-25, pp. 748-755, August 1977.
- [2] Elliot D. Kaplan. "Understanding GPS: principles and applications", Artech House, Inc., MA, USA, 1996.
- [x] US5638362: "Correlation detector and communication apparatus",

-----  
Ville Eerola  
VLSI Solution Oy  
Hermiankatu 6-8 C  
33720 Tampere, Finland  
Tel: +358-3-3165 579  
Fax: +358-3-3165 220

L2

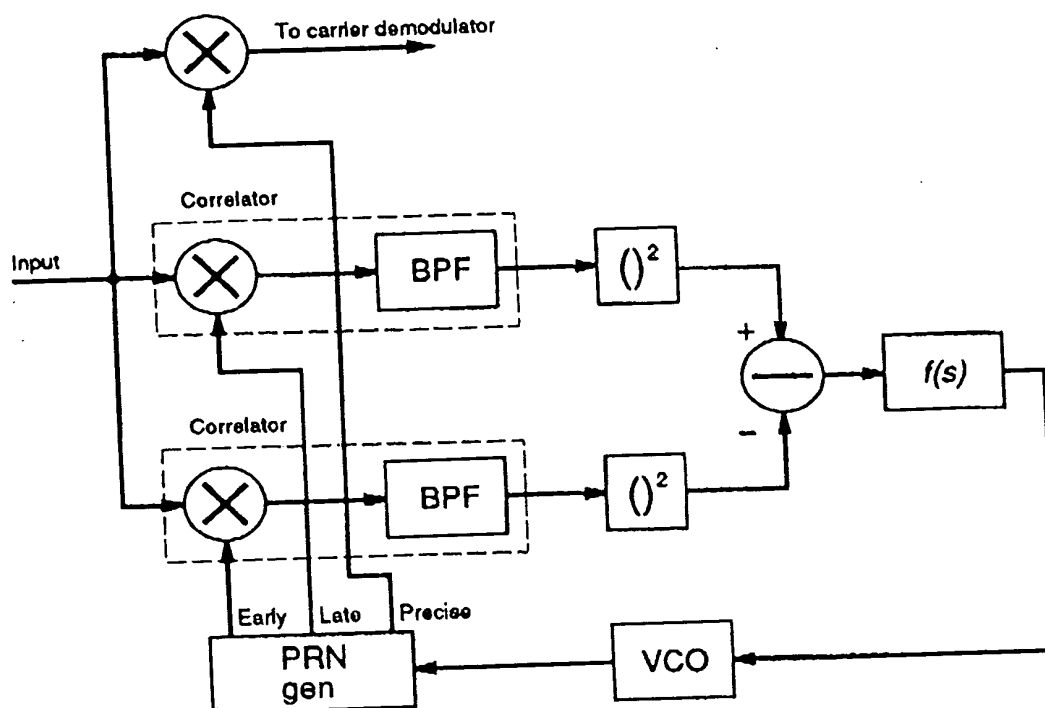
5/15

Corr.txt / kuvu 1



6/15

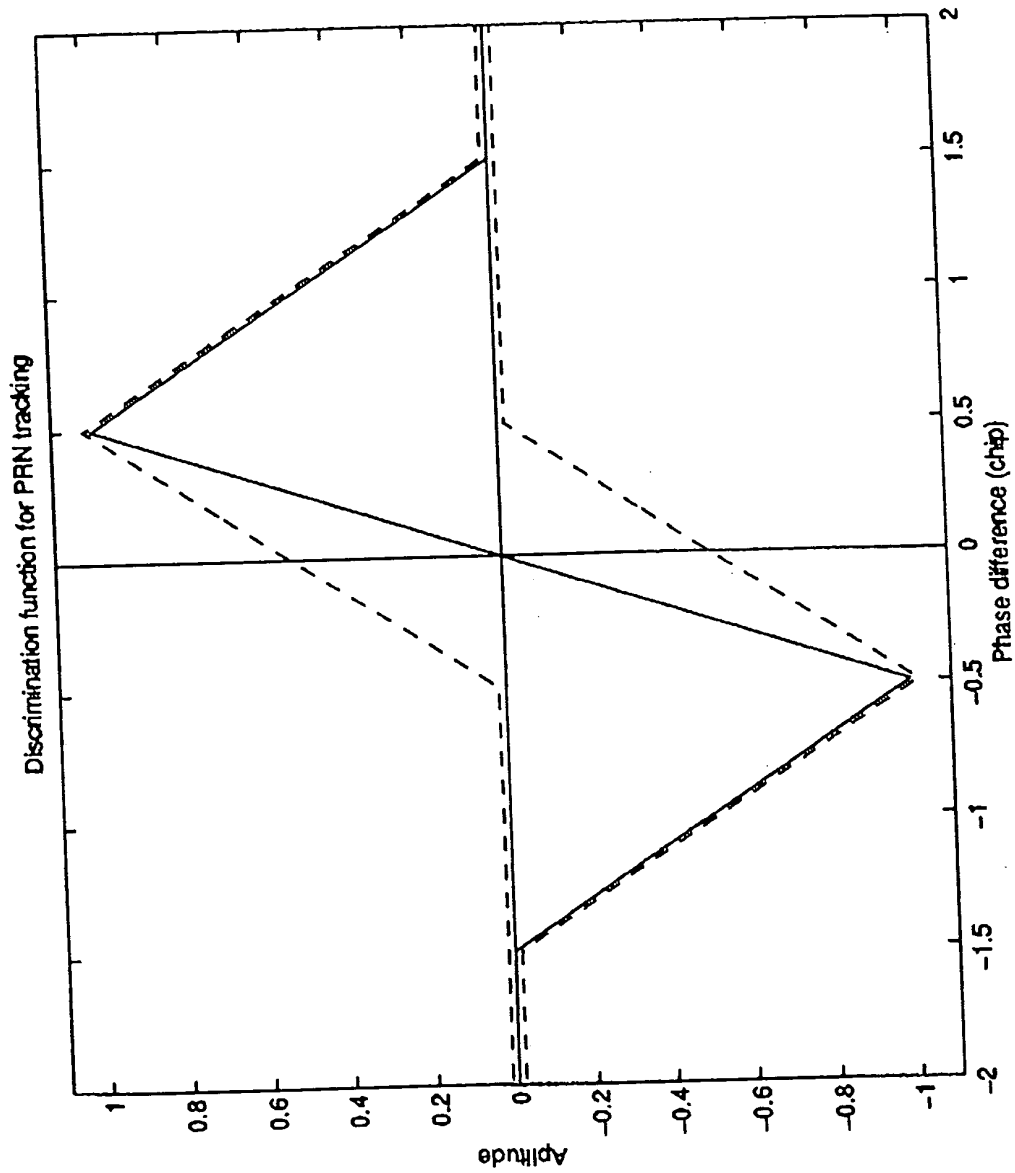
Corr. txt / KVVU 2





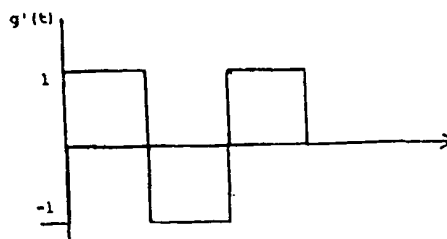
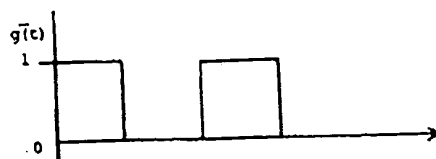
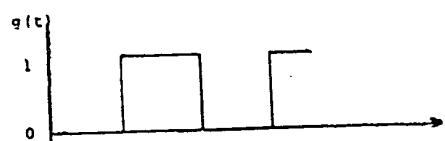
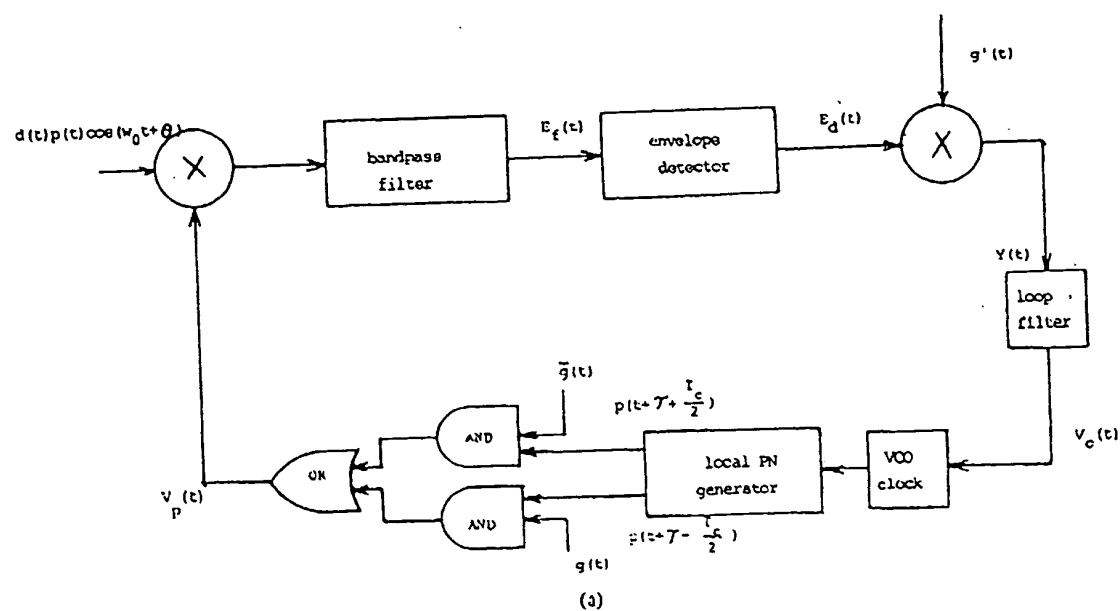
Corr.txt / kuvu3

7/15



8/15

corr.tnt/KUVA 4

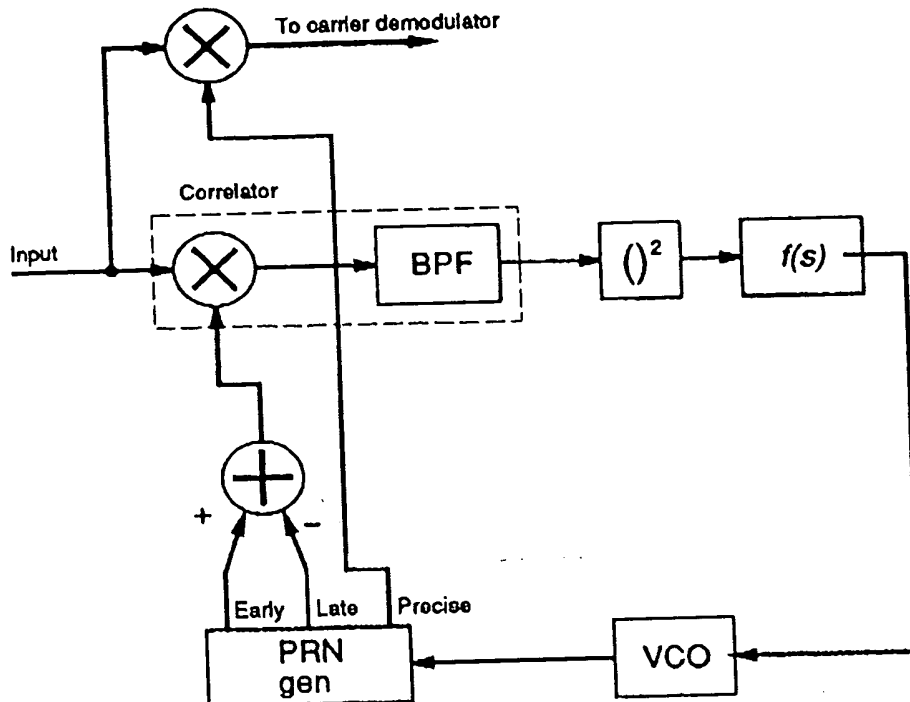


(b)

Fig. 23. The tau-dither loop. (a) Block diagram. (b) Control waveforms.

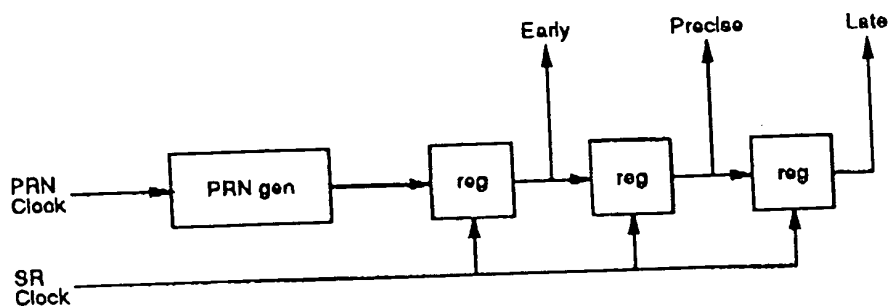
9/15

Corr.txt / kuvva 5



10/15

Corr.txt / kvuu 6





12/10/99

18:56

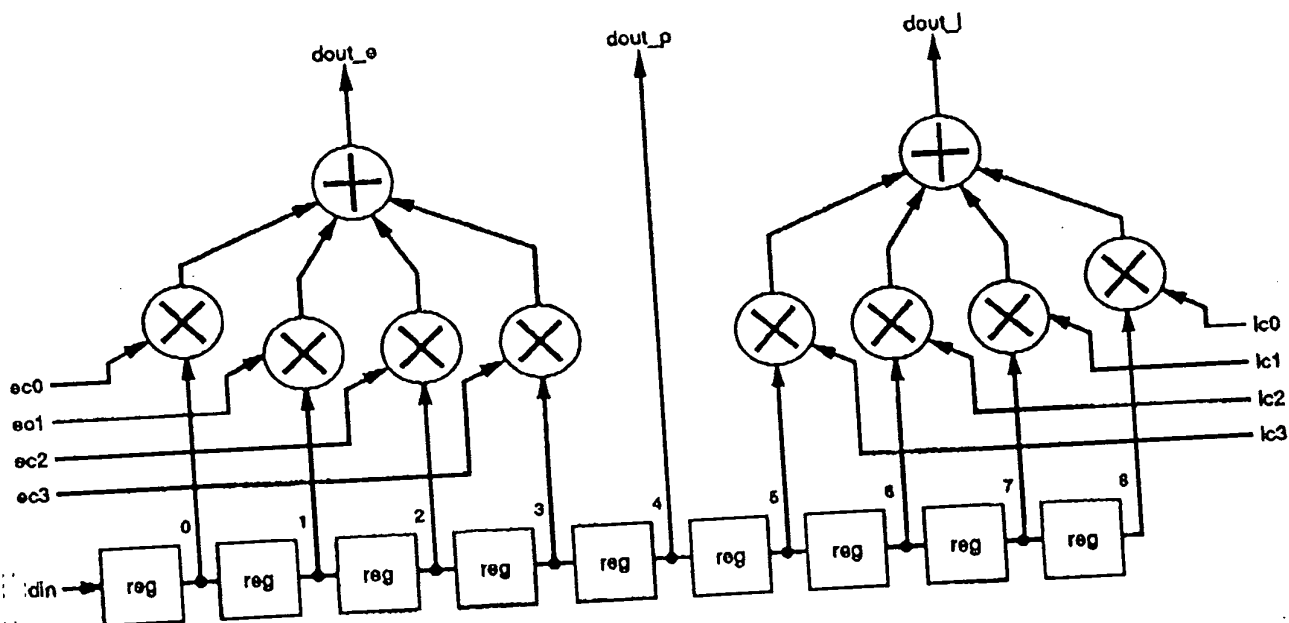
ULSI SOLUTION OY + +358 9 602244

013

8

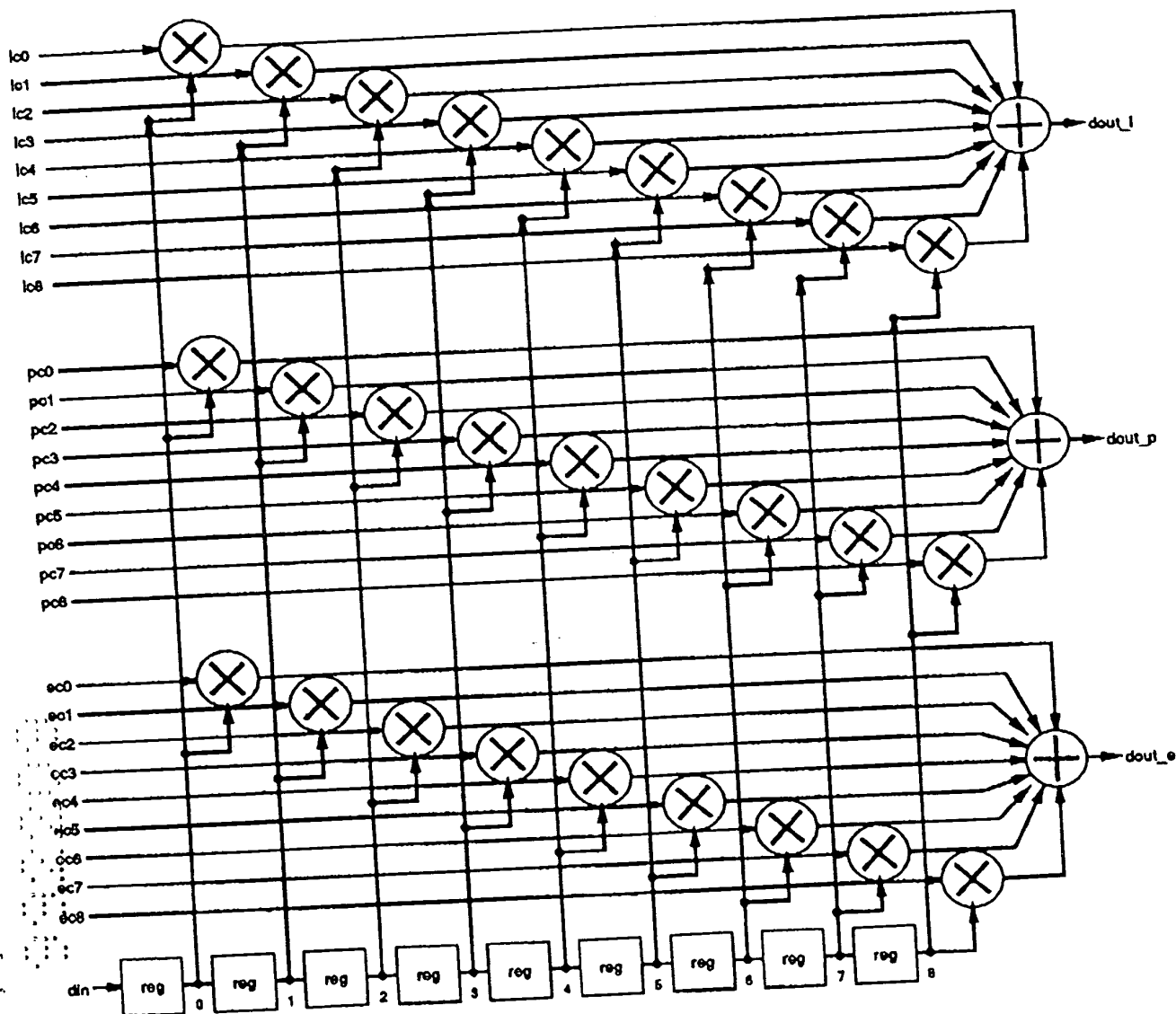
12/15

corr.txt /KVV48



13/15

Curr. txt / kuvu 9



12/10/99

18:57

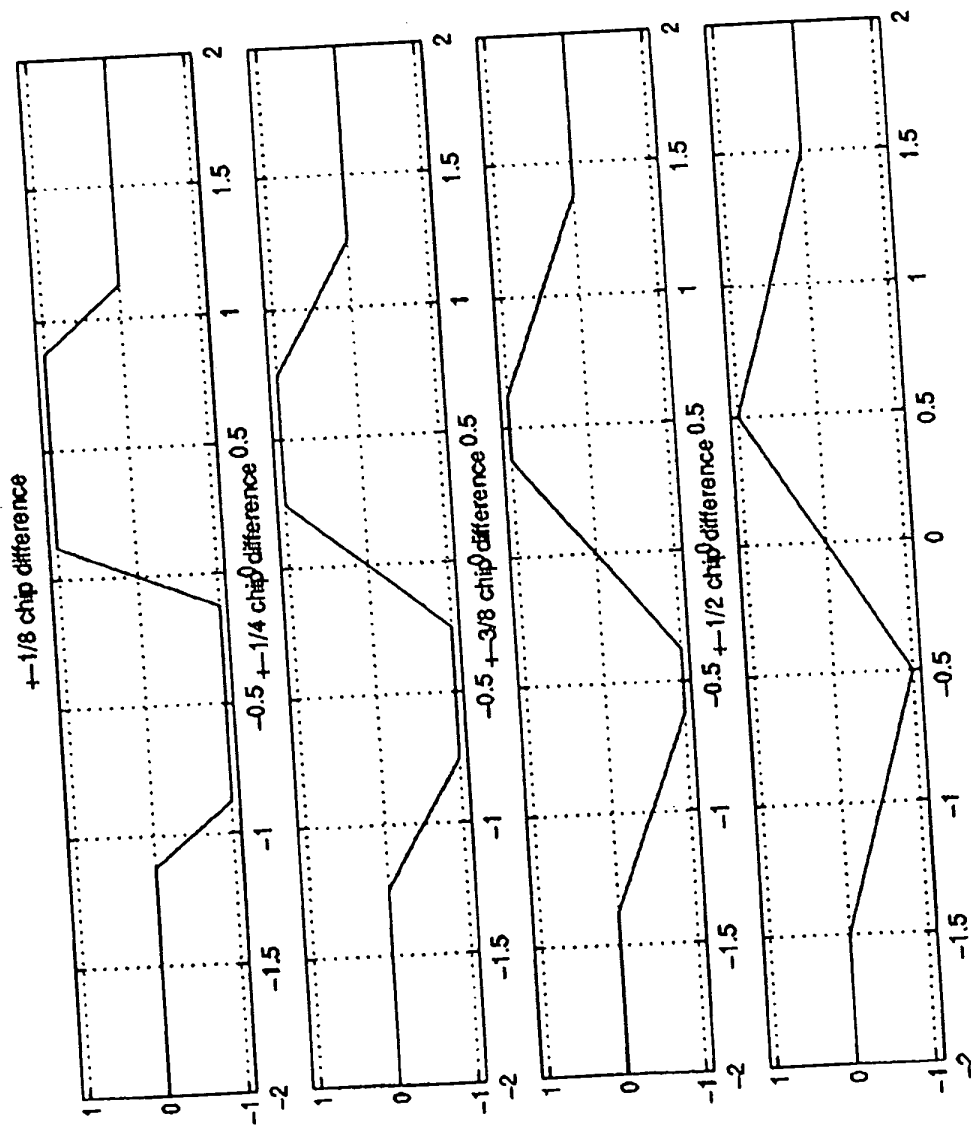
ULSI SOLUTION DY + +358 9 602244

015

10

14/15

corr txt / kuva 10





12/10/99

18:57

QUEST SOLUTION BY + +358 9 602244

016

11

15/15

corr.txt / kuva 11

